

О.А. ГАЙДАЙ, магистр, НТУ «ХПИ»

Л.И. ЛЫСЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАТРАТ В КОМБИНИРОВАННОМ ЦИКЛЕ ТЭЦ

Проаналізовані різні методи ціноутворення, з урахуванням рознесення витрат між електричною і тепловою енергіями при їх сумісному виробництві в комбінованому циклі ТЕЦ. Наведено приклад розрахунку тарифів на теплову енергію, що виробляється ТЕЦ, розглянутими методами і проведено порівняльний аналіз одержаних результатів

Different pricing mechanisms taking into account costs attribution between electrical and thermal energy generation in a CHPP combined cycle are considered. A thermal power rate for a CHPP is calculated with the techniques, obtained results analyzed.

При формировании тарифов на электрическую и тепловую энергию при их совместном производстве важное значение имеет обоснованное разнесение затрат между ними. Формирование тарифов на тепловую энергию крупных ТЭЦ зависит от величины доли топлива на выработку электроэнергии.

Текущее положение ТЭЦ Украины на рынке тепла можно охарактеризовать как достаточно сложное. В результате общего экономического спада потребление тепла промышленностью резко сократилось. В итоге основными его потребителями от ТЭЦ остались предприятия бюджетной сферы и жилищный фонд, т.е. основные неплательщики. Положение усугубляет и разделение газа на так называемый коммунальный и промышленный, что привело к использованию ТЭЦ в неэкономичном режиме котельных (с удельными расходами до 250 кг.у.т. на 1 Гкал). Все это негативно сказалось на общих экономических показателях ТЭЦ и резко снизило их конкурентоспособность.

Однако основной причиной снижения конкурентоспособности тепла, вырабатываемого на ТЭЦ, явились завышенные тарифы на тепловую энергию вследствие несовершенства действующей методики распределения топлива на ТЭЦ между тепловой и электрической энергиями, в основу которой положен физический метод.

Физический метод предусматривает разделение затрат на электрическую и тепловую энергии пропорционально израсходованному топливу. При этом вся экономия топлива от комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на ТЭЦ относится на электрическую энергию, а значительная часть остальных текущих затрат (кроме затрат на топливо) распределяется на отпущенную тепловую и электрическую энергию пропорционально расходу топлива [1-3]. Тем самым устанавливаются высокие цены на тепловую энергию, что делает неконкурентоспособными

системы централизованного теплоснабжения [4].

Кроме физического метода, рассматриваются и другие методы ценообразования, учитывающие распределение комплексных затрат в комбинированном цикле ТЭЦ, среди которых можно отметить следующие:

- эксергетический,
- нормативный,
- экономический.

Эксергетический метод базируется на энергетической ценности тепловой энергии разного потенциала, при этом преимущества комбинированного теплофикационного цикла приходятся на отпуск тепловой энергии и в качестве полезной продукции признается лишь та часть энергии, которую можно преобразовать в механическую работу (эксергию) [3,5].

Нормативный метод распределения расхода топлива на ТЭЦ между электрической и тепловой энергией основан на применении принятых нормативных удельных расходов топлива. Здесь предусматривается распределение топлива между электрической и тепловой энергией, вырабатываемой на ТЭЦ, пропорционально расходу топлива при выработке того же количества электрической и тепловой энергии в раздельной схеме, а распределение постоянных затрат производится пропорционально стоимости топлива, относимой на производство тепла и электроэнергии [2].

Экономический, или рыночный метод, заключается в определении экономически обоснованных тарифов на каждый вид продукции, т.е. тепло и электроэнергию. При этом тариф на тепло для котельных может устанавливаться с учетом дотаций, а тариф на тепло для ТЭЦ не должен превышать тариф для котельных. Все остальные затраты по ТЭЦ отнесены на электроэнергию [6].

Для проведения сравнительного анализа был выполнен расчет затрат топлива на тепловую энергию, вырабатываемую ТЭЦ с установленной электрической мощностью 540 МВт и тепловой мощностью 1798 Гкал/час, указанными методами.

В физический метод распределения затрат расходы топлива на производство тепловой и электрической энергии при использовании физического метода определяются по формулам, соответственно:

$$B^{ТЭЦ} = \frac{Q_T^{ТЭЦ}}{Q_P \cdot h_T}, \quad (1)$$

$$B_y^{ТЭЦ} = B_y^{ТЭЦ} + B_y^{ЭТЭЦ}, \quad (2)$$

где $B_y^{ТЭЦ}$, $B_y^{ТЭЦ}$ и $B_y^{ЭТЭЦ}$ — условные расходы топлива: соответственно, общий по ТЭЦ, на производство тепловой и электрической энергии, т.у.т.; $B^{ТЭЦ}$ - годовой расход натурального топлива на выработку тепла на ТЭЦ,

м³/Гкал; $Q_T^{ТЭЦ}$ — количество отпущенного тепла потребителю, Гкал; Q_p^H — низшая теплота сгорания рабочего топлива, ккал/м³; $\eta_T^{ТЭЦ}$ — КПД ТЭЦ по производству теплоты, доли.

По эксергетическому методу удельный расход условного топлива на единицу эксергии равен [7]:

$$b_e = \frac{B_y^{ТЭЦ}}{E_{\text{э}} + E_T}, \quad (3)$$

где $E_{\text{э}}$ и E_T — эксергии электрической и тепловой энергий соответственно, ГДж.

$E_{\text{э}}$ вычисляется простым пересчетом единиц измерения по формуле:

$$E_{\text{э}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \mathcal{E}_T, \quad (4)$$

где \mathcal{E}_T - годовая выработка электроэнергии, кВт·ч/год.

E_T рассчитывается по формуле:

$$E_T = \sum (\tau_{ei} \cdot Q_i), \quad (5)$$

где i — порядковый номер отбора пара определенных параметров; Q_i — количество тепла, отбираемого из i -го отбора, ГДж/год; τ_{ei} — эксергетическая функция i -го отбора, определяемая выражением:

$$\tau_{ei} = 1 - \frac{T_{\text{о.с.}}}{T_{\text{ср.}i}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{о.с.}}$ — температура окружающей среды, К; $T_{\text{ср.}i}$ — средняя температура преобразующегося пара, К.

По значению E_T по известной зависимости $B_y = E \cdot b_e$ определяется годовой расход топлива на выработку тепла $B_y^{ТЭЦ}$:

$$B_y^{ТЭЦ} = E_T \cdot b_e, \quad (7)$$

Согласно **нормативному методу** топливо на ТЭЦ распределяется между электрической и тепловой энергией согласно принятых нормативных удельных расходов топлива. Для Харьковской ТЭЦ-5 годовые расходы условного топлива на производство электрической и тепловой энергии составляют соответственно 278,60 тыс.т.у.т. и 148,80 тыс.т.у.т.

В **экономическом методе** рассматриваются экономические критерии эффективности ТЭЦ. Критерием целесообразности комбинированной выработки электроэнергии и теплоты на ТЭЦ является положительная величина экономического эффекта, при расчете которого используется величина расхода топлива, определяемая по следующей формуле.:

$$B_T^{ТЭЦ} = B_y^{ТЭЦ} - b_{\text{зам}} \cdot \mathcal{E}_{\text{отп}}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_{\text{отп}}$ - полезный отпуск электроэнергии на ТЭЦ, кВт·ч; $b_{\text{зам}}$ — удельный расход топлива на замыкающей КЭС, г.у.т./кВт·ч.

Формула (8) основана на том, что если бы не создавалась ТЭЦ, то для выработки электроэнергии вводилась бы КЭС с удельным расходом топлива $b_{\text{зам}}$.

Ряд авторов [8,9] предлагает новый «экономический» подход к тарифообразованию, а именно: рассчитывать тарифы на электрическую и тепловую энергию, произведенную на ТЭЦ, без деления топлива в технологическом цикле теплоэлектроцентрали, поскольку не существует одного, бесспорного и безупречного способа разделить расход топлива на ТЭЦ между электрической и тепловой энергией. Для этого необходимо выбрать механизм ценообразования, позволяющий обойтись без этого деления при определении раздельной себестоимости электрической и тепловой энергии.

Оценивая раздельно прибыльность электрической и тепловой энергии, выработанной в комбинированном цикле, производство одного вида энергии оказывается прибыльным, а другого — убыточным, но невозможно отказаться от производства одного из видов энергии, сохранив эффективное производство другого.

Наиболее наглядной иллюстрацией ситуации в разделении топлива на ТЭЦ является известный треугольник Гинтера (рис. 1.).

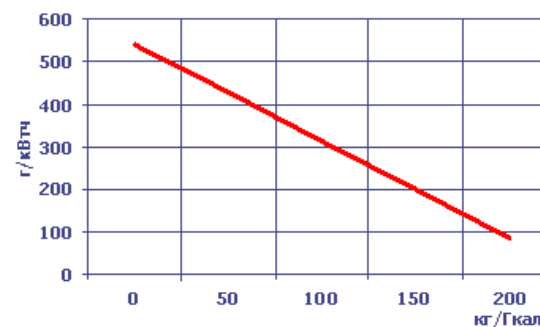


Рис. 1.

Треугольник Гинтера отражает в системе координат «удельный расход топлива на электроэнергию- удельный расход топлива на тепло» множество точек, которые соответствуют всем возможным способам деления расхода топлива между продуктами ТЭЦ, включая крайние возможности отнесения всего расхода только на электрическую и только на тепловую энергию. Методы деления топлива отличаются между собой тем, что указывают на разные точки этого треугольника, но при этом каждый отдельный метод

соответствует только одной точке графика.

В ходе исследований [8,9] были сформулированы статистические требования к идеальному методу разделения топлива между производством электроэнергии и тепла. Они выражаются в минимизации дисперсии, минимизации средней стандартной ошибки в регрессионном анализе и приближении к 1 модуля коэффициента корреляции между удельными расходами топлива на электрическую и удельными расходами топлива на тепловую энергию.

Для расчёта годового расхода топлива на производство тепловой энергии по четырём методам использовались данные Харьковской ТЭЦ-5 за 2006 год, представленные в табл. 1.

Таблица 1- Исходные данные по ТЭЦ-5

Величина	Обозначение	Единица измерения	Значение
Годовой расход условного топлива общий по ТЭЦ	$B_y^{ТЭЦ}$	тыс.т.у.т.	372,43
Количество отпущенного тепла потребителю за год	$Q_T^{ТЭЦ}$	Гкал	716
Низшая теплота сгорания рабочего топлива	Q_p^H	ккал/м ³	8386,65
КПД ТЭЦ по производству теплоты	$\eta_T^{ТЭЦ}$	доли	0,87
Годовая выработка электроэнергии	$\mathcal{E}_Г$	млн.кВт·ч/год	1030
Количество тепла, отбираемого из <i>i</i> -го отбора	Q_i	тыс.ГДж/год	3008,4
Средняя температура преобразующегося пара	$T_{ср.i}$	К	498
Температура окружающей среды	$T_{о.с.}$	К	288
Полезный отпуск электроэнергии на ТЭЦ	$\mathcal{E}_{отп}$	млн.кВт·ч	954
Удельный расход топлива на производство электроэнергии на замыкающей КЭС	$b_{зам}$	г.у.т./кВт·ч	278,6

Результаты определения расхода топлива на производство тепловой энергии на ТЭЦ по рассмотренным четырём методам представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты расчёта расхода топлива на тепло

Метод разделения расхода топлива на ТЭЦ	Значение $B_y^{ТЭЦ}$, т.у.т.
1. Физический	117,57 тыс.
2. Эксергетический	94,89 тыс.
3. Нормативный	148,80 тыс.
4. Экономический	106,65 тыс.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что физический метод распределения комплексных затрат на производство электрической и тепловой энергии по комбинированному циклу, лежащий в основе расчета тарифов на тепловую энергию, не является бесспорным при определении себестоимости производства тепла. Однако и другие методы не дают оптимального разделения затрат топлива между электрической и тепловой энергией на ТЭЦ. Ни один из представленных методов не отражает реальной картины комбинированного цикла на ТЭЦ, удешевляя или удорожая производство одного из видов производимой энергии.

По результатам расчёта построен треугольник Гинтера для зависимости расхода условного топлива на электроэнергию от расхода условного топлива на теплоэнергию (рис. 2.). Согласно этому графику, эксергетический метод удешевляет тепло на треть по сравнению с нормативным, который максимально приближает расход на тепло к расходу на электроэнергию. Физический метод завышает расход на теплоэнергию. Экономический метод даёт среднее, по сравнению с эксергетическим и физическим методами, значение расхода топлива на тепло.

Треугольник Гинтера

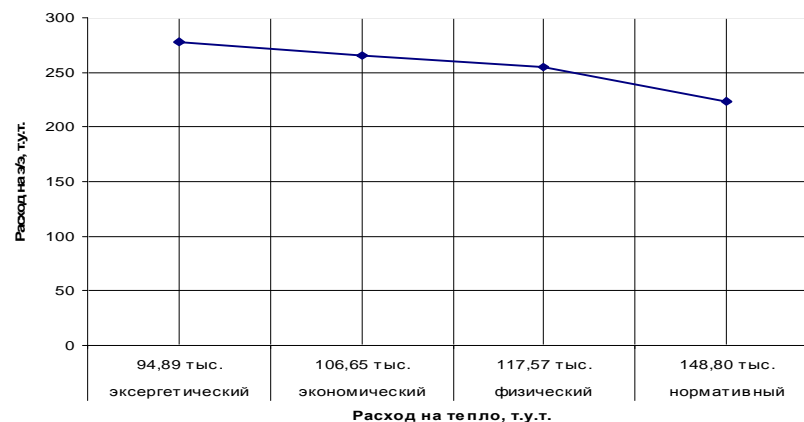


Рис. 2.

Выводы. Все методы, кроме экономического, оценивают техническую сторону работы ТЭЦ и в качестве основы формирования тарифа используют разделение топлива между видами энергии. Первый и самый главный недостаток разделения расхода топлива между электрической и тепловой энергией – это грубое искажение оценки экономической эффективности работы ТЭЦ. Следовательно, необходима такая оценка по совокупному продукту: если комбинированное производство дает преимущество в себестоимости совокупного продукта по сравнению с отдельным производством, то ТЭЦ выгодна, если же нет – то следует от нее отказываться. В таком подходе самый приближенный к рыночной экономике метод – экономический.

Список литературы: 1. *Покровский Л.Л.* Распределение топлива при производстве энергии на ТЭЦ / *Покровский Л.Л., Тарадай А.М., Русланов Г.В.* // *Новости теплоснабжения.* - 2000. - №2. 2. *Денисов В.И.* Задачи совершенствования тарифов при переходе к рыночным отношениям / *В.И. Денисов* // *Электрические станции.* -1994. -№6. 3. *Яркин Е.В.* Особенности регулирования тарифов на энергию в условиях акционерной формы собственности / *Е.В. Яркин* // *Электрические станции.* -1994. - №6. 4. *Шаргут Я.Я.* Распределение затрат на производство тепла и электроэнергии на ТЭЦ / *Шаргут Я.Я.* - *Теплоэнергетика.* - 1994. - №12. - С. 62-66. 5. *Даукеев Г.Ж.* Эксергетический метод распределения расходов топлива на электрическую и тепловую энергию / *Г.Ж. Даукеев, В.Д. Огай* // *Проблемы реформирования рынка электрической энергии в Казахстане: сб. тр. по материалам совместного научно-практического семинара.* - Ч. 1. - Алматы АИЭС, 1998. - С. 49 – 55. 6. *Сафонов Л. П.* Экономический метод / *Л. П. Сафонов, Ю. В. Смолкин, П. П. Суворов* // *Электрические станции.* - 1991. - №4. 7. *Бродянский В.М.* Эксергетический метод и его приложения / *В.М. Бродянский, В.Фраттиер, К. Михалек;* под ред. *В.М.Бродянского.* - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 288 с. 8. *Хараим А.А.* // *Новости теплоснабжения.* - 2003. - №11. 9. *Стерман Л.С.* Сопоставление экономичности теплофикационных установок, рассчитанной различными методами / *Л.С.Стерман, С.Г.Тишин, А.А. Хараим* // *Вестник МЭИ.* - 1996. - № 2. - с.77-80.



Лысенко Людмила Ивановна - выпускница физико-технического факультета НТУ ХПИ (1982 г.). Круг научных интересов: применение методов эволюционного моделирования для решения задач электромеханики и энергетики, применение нетрадиционной энергетики для целей тепло- и электроснабжения, анализ рыночных моделей в электроэнергетике.

Поступила в редколлегию 03.09.2010

УДК 621.316.786

Д.А.ГАПОН, старш. преподаватель, НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ МЕТОДОМ СКАНИРОВАНИЯ ПО АЦП

В роботі виконано розрахунок методичної погрішності при визначенні частоти промислової мережі по переходах сигналу через заданий рівень. Моменти переходу визначаються шляхом лінійної інтерполяції сигналу від АЦП. Зроблені висновки про шляхи зниження відзначеної погрішності.

Systematic errors in determining the frequency of industrial network of transitions signal through a specified level are considered. Transition points are determined by linear interpolation of the signal from the ADC. Conclusions about ways to reduce the errors are made.

Введение. Актуальность проблемы совершенствования системы автоматической частотной разгрузки (АЧР) подтверждается значительным количеством публикаций выпускающихся как в Украине так и за рубежом. Одним из основных направлений работ является разработка новых или усовершенствование старых методов измерения частоты с целью повышения функциональных качеств системы АЧР. Основными требованиями к математическому аппарату метода измерения промышленной частоты, которые и определяют направление исследований, являются [1]: 1) высокое быстродействие (1...5 периодов основной гармоник); 2) высокая точность (до 0.01 Гц); 3) высокая устойчивость к помехам и искажениям исходного сигнала; 4) возможность реализации метода на современных вычислительных средствах в реальном времени.

Так, для реализации большинства разрабатываемых методов, способных удовлетворить вышеперечисленные требования, необходимы значительные вычислительные мощности, что, в свою очередь, приводит к удорожанию и снижению надежности конечных устройств [2,3]. На практике же наиболее часто применяемым методом определения частоты промышленной сети является метод определения периодов сигнала по моментам переходов сигнала через заданный уровень и, в частности, через нулевой уровень, так как он наиболее прост в реализации и обладает достаточными характеристиками.

Постановка задачи. Как правило, при определении момента пересечения применяется линейная интерполяция сигнала, что приводит к возникновению ошибки.

Если напряжение в сети изменяется по синусоидальному закону:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (1)$$